

ソフトコンピューティングを利用した口腔粘膜疾患診断支援システムの開発

斎藤謙太郎¹⁾, 土生 学¹⁾, 國領真也²⁾, 大谷泰志³⁾,
堀尾恵一⁴⁾, 吉岡 泉²⁾, 富永和宏¹⁾

Development of diagnostic support system for the oral
mucosal diseases using soft computing

SAITO Kentaro, HABU Manabu, KOKURYO Shinya,
OHTANI Taishi, HORIO Keiichi, YOSHIOKA Izumi,
TOMINAGA Kazuhiro

- 1) 九州歯科大学学生体機能学講座顎顔面外科学分野(主任 : 富永和宏教授)
- 2) 九州歯科大学学生体機能学講座口腔内科学分野(主任 : 吉岡 泉教授)
- 3) 福岡大学医学部医学科歯科口腔外科学講座(主任 : 喜久田利弘教授)
- 4)九州工業大学大学院生命体工学研究科

¹⁾Division of Oral and Maxillofacial Surgery ,
Department of Science of Physical Functions, Kyushu

Dental University (Chief: Prof.TOMINAGA Kazuhiro)

²⁾Division of Oral Medicine, Department of Science of Physical Functions, Kyushu Dental University (Chief: Prof.YOSHIOKA Izumi)

³⁾Department of Oral and Maxillofacial Surgery, Faculty of Medicine, Fukuoka University (Chief: Prof.KIKUTA Toshihiro)

⁴⁾Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology

Abstract

We aimed to develop a computer system to aid the differential diagnosis of clinically important oral mucosal diseases of oral squamous cell carcinoma, leukoplakia, and oral lichen planus using intraoral photographs. In 2013, we reported the use of a fuzzy inference-based soft computing diagnostic system for oral mucosal diseases. In the current study, we replaced the fuzzy inference system with a support vector machine and used five features for disease characteristic extraction because we upgraded the soft computing system. We used digital intraoral photographs of oral squamous cell carcinoma, leukoplakia, oral lichen planus, and normal mucosa to validate the soft computing system. The resultant sensitivity values for oral squamous cell carcinoma, leukoplakia, oral lichen planus, and normal oral mucosa were 90%, 90%, 87%, and 93%, respectively, and the specificity values were 97%, 92%, 98%, and 100%, respectively. Therefore, the soft computing system developed in this study can be applied as a diagnosis support system for clinically important oral mucosal diseases.

和文抄録

本研究の目的は、口腔粘膜疾患の中でも临床上重要である口腔扁平上皮癌、白板症、口腔扁平苔癬の3疾患を口腔内写真よりコンピュータを用いて、判別を支援するシステムを構築することである。2013年に、われわれはファジィ推論を用いたソフトコンピューティングによる口腔粘膜疾患診断システムを報告した。今回われわれは、ファジィ推論による解析をサポートベクターマシンによる解析に変更し、5種類の特徴を使用した。ソフトコンピューティングシステム向上のため、口腔扁平上皮癌、白板症、口腔扁平苔癬および口腔正常粘膜の口腔内デジタル写真を用いた。結果として、口腔扁平上皮癌、白板症、口腔扁平苔癬、口腔正常粘膜の判別感度はそれぞれ、90%、90%、87%、93%で、判別特異度はそれぞれ、97%、92%、98%、100%であった。開発したソフトコンピューティングシステムは一定の口腔粘膜疾患を対象とした診断支援システムとして活用できると考えられた。

key words

soft computing(ソフトコンピューティング), oral mucosal diseases(口腔粘膜疾患), diagnostic support system(診断支援システム), fuzzy inference(ファジィ推論), support

vector machine(サポートベクターマシン)

略題

口腔粘膜疾患診断支援システムの開発

緒言

口腔粘膜には感染症から口腔癌までさまざまな疾患が発生する。超高齢社会に伴う誤嚥性肺炎などへの対応に端を発した口腔ケアへの関心の高まりや周術期口腔機能管理などを通して、一般臨床歯科医が口腔粘膜疾患を発見する機会も増えてきた。しかし、このような疾患を日常的に診ていない一般臨床歯科医にとっては、比較的典型的な症例であっても診断が容易でない場合も多く、自身の診断に確信が持てず口腔外科専門医に患者を紹介する事例も多いと思われる。反面、診断に迷う全てを専門医に紹介し、診断、治療あるいは経過観察を専門医療施設が行うことは非常に非効率的である。また、前癌病変や前癌状態の疾患では長期にわたる経過観察が必要な場合も多いが、口腔外科専門施設での経過観察から脱落し、結果として癌の早期発見ができなかったという症例にも遭遇する。そのような患者はかかりつけ歯科医が経過を観察し、変化が生じた場合に直ちに専門医に紹介するという病診連携が望ましいが、前述の理由でそのような棲み分けが十分に行えていないのが実情である。

口腔粘膜疾患の診断は視診が極めて大きな比重を持ち、日ごろからこのような疾患の診断、治療を行っている口腔外科専門医であれば視診のみでもかなりの確率で診断でき

る場合も多い。専門医は口腔粘膜疾患を診断する際、その視覚的特徴を捉え、「確からしさ」を総合的に判断している。「確からしさの度合い」は数値化するのが難しいものであるが、1998年にファジィ推論の創始者である数学者 Zadeh が提唱したソフトコンピューティングの手法を用いると評価、判定の可能性が拡大した¹⁾。ソフトコンピューティングとは、非常に複雑な事象を個々の数値に左右されるのではなく、大局的に分析し解析することを可能とした考え方で、方法論として、ファジィ推論、ニューラルネットワーク、確率推論、確率統計に基づく学習理論などが挙げられる。

われわれの研究グループではソフトコンピューティングを利用して、口腔粘膜疾患の「確からしさの度合い」を評価する方法を検討しており、2013年に Nishi ら²⁾がファジィ推論を応用した方法で口腔粘膜病変のデジタル写真から判別に有効な特徴を抽出し、その特徴を分析し、総合的に評価するシステムを報告した(図 1)。このシステムでは、臨床的に鑑別が問題となることが多い3つの口腔粘膜疾患、すなわち、初期の口腔扁平上皮癌(ある程度以上に進行してしまった癌を専門医に紹介するという判断は困難ではないと思われるため、分析対象としなかった)、前癌病変である白板症ならびに前癌状態とされる口腔扁平苔癬を対象とした。解析に用いた手法はファジィ推論のメンバーシップ関

数を応用してスコア化し判別する方法(以下,「スコア分析による解析」)で,この方法を用いることで,口腔内デジタル画像により口腔扁平上皮癌,白板症,口腔扁平苔癬を感度 87%, 83%, 87%で,また,特異度 88%, 90%, 93%で判別できた.しかし,解析するには抽出した特徴の評価を組み合わせるルール作りが必要で,細かくルールを設定すると指数関数的にルールが増加してしまうこと,また,口腔正常粘膜の感度が 57%と低いことが問題で,さらなる改良を必要とした.

今回は Nishi ら²⁾の研究をさらに発展させ,より信頼性の高い診断支援システムとするために,システム改良を行ったので報告する.

なお,今回の研究は,実験 1:既に報告した Nishi ら²⁾の方法の弱点を改善するための解析方法の改良,実験 2:実験 1で改良された解析方法を用い,さらに判別精度を上げるための特徴抽出法の改良,実験 3:実験 2で改良された方法を用い,新たな画像を使用するシステムの検証,という 3つの実験を含んでいる.

実験 1

材料と方法

表面性状が顆粒状で隆起を認める臨床所見を示す初期の口腔扁平上皮癌,白板症,口腔扁平苔癬ならびに口腔正常

粘膜(頬粘膜, 歯肉)の口腔内デジタル写真各 50 枚(合計 200 枚)を使用した。なお, すべての病変は病理組織学的に診断が確定されたものであった。デジタル写真の撮影は Nikon 社製 D80(2,896×1,944pixel)を用い, シャッター速度 125, F20, レンズは TECHNO 社製 DCN7-LV/GP2 を ½ 倍の設定で行った。各画像から診断したい部分を最低 200 画素以上で切り出し, 特徴を抽出した。特徴の抽出は Nishi ら²⁾の方法に従った。抽出した特徴は「白斑」, 「隆起」, 「顆粒状」, 「発赤」で, 各特徴を数量化することで特徴量として定量化した。

表 1 に示すように「白斑」は白板症, 口腔扁平苔癬で多く認められ, 一部の初期癌でも認められる特徴で, 「隆起」は口腔扁平上皮癌の特徴であり, 一部の白板症でも見られることが想定された。「顆粒状」潰瘍は初期の口腔扁平上皮癌に特徴的な所見で, 「発赤」は口腔扁平苔癬に特徴的な所見と考えた。また, 正常粘膜はこれらの特徴が少ないものとして抽出できると想定した^{3~5)}。

詳細は Nishi らの報告²⁾に記載されているが, これらの特徴の抽出方法としては, 「白斑」はグレースケール化した画像の各画素の勾配強度を算出し, 整数化した値を主成分分析し, 白斑の広さを特徴量とした。「隆起」は白斑領域の隆起の陰影を抽出するため, グラフィックソフトウェアで用いられる HSV 表色系の Value (V)画像を用いた。V 画像

は色の明るさを表した画像で，明るい色に近いほど値(V値)が大きくなるため，V値の勾配強度の平均値を隆起の特徴量とした．「顆粒状」はV画像の勾配強度を2値化処理し，基準となる数種類の円形画像とコンピュータ上で適合させ，その数をカウントすることで特徴量とした．「発赤」はHSV表色系の彩度を表す Saturation (S)画像を用いた．S画像は色の鮮やかさを表した画像で，無彩色である白色に近いほど値(S値)が小さくなり，赤色などの純色に近いほど値が大きくなる．Nishiらの方法²⁾は、病変部位の「発赤」を評価するために同一画像中の正常粘膜部を200画素程度で切り出して対照として使用するもので、病変部位のS値の平均値と対照部位のS値の平均値との差を「発赤」特徴量とした．

本実験ではこれらの特徴量の抽出法をそのまま用い，特徴量の解析方法として，Nishiら²⁾が用いたスコア分析による解析法と，確率統計に基づく学習理論を用いたサポートベクターマシン(SVM)による解析法とを比較した(図2)．

スコア分析は4特徴の度合い(メンバーシップ関数)から算出される適合度を使用してスコア化する方法で、算出関数はNishiらの方法²⁾に従い，200枚の画像を入力し，その判別精度を検討した．

SVMとは，学習用データとして入力したクラス情報が，既知のデータを用いてデータ集合の識別を行うもので，未

学習データに対しても高い識別性能を持つことが知られている⁶⁾。SVMを用いる方法では、SVMに口腔癌、白板症、口腔扁平苔癬、口腔正常粘膜を出力項目として設定し、例えば口腔癌の画像から抽出した特徴量を入力する際に口腔癌と関連付けながら学習用データとして入力していく。それを繰り返すことで自動的にそれらの集団を線引きする境界が設定される。199枚の画像の特徴量を学習用データとして入力し、残りの1枚を判別用データ(「疾患名を入力しない」)として入力することを200回繰り返す交差試験を行い、感度、特異度から判別精度を検討した。

結果

スコア分析による解析法では、口腔扁平上皮癌、白板症、口腔扁平苔癬、口腔正常粘膜の判別感度はそれぞれ、78%、76%、78%、32%で、判別特異度はそれぞれ、94%、87%、77%、95%であった(表2-1, 2-2)。SVMによる解析法では口腔扁平上皮癌、白板症、口腔扁平苔癬、口腔正常粘膜の判別感度はそれぞれ、80%、74%、70%、66%で、判別特異度はそれぞれ、93%、91%、89%、90%であった(表3-1, 3-2)。

各疾患の判別感度、判別特異度はスコア分析による解析法もSVMによる解析法も一長一短であったが、口腔正常粘膜の判別感度がスコア分析による解析法で著しく低かつ

たため、以降の実験では SVM による解析法を採用することとした。

実験 2

材料と方法

実験 1 より SVM を用いることで、口腔正常粘膜の判別感度が上昇することが確認できた。しかし白板症と口腔扁平苔癬の判別感度はむしろ低下しており、口腔正常粘膜の判別感度も上昇したとはいえ 66%であり、十分ではなかった。

Nishi らの方法²⁾では、「白斑」はその広さだけを抽出しており、白斑が網状であるとか板状であるといった形状を評価していないことが一つの問題と考えられた。また、彼らの方法では口腔正常粘膜が「各種の特徴的な数値データが少ないこと」と定義したことにも問題があると考えた。さらに、彼らの方法では「発赤」は病変写真中に対照部位が必要となるが、病変写真中の対照となる正常部位は写真の焦点が合っていないことも多く、正確な情報を得にくいことも問題であった。

そこで従来の「隆起」と「顆粒状」の特徴はそのまま用い、「白斑」に関しては白斑部の形を特徴量として評価する「白斑形状」と改め、「発赤」の抽出方法も改良することとした。さらに口腔正常粘膜の写真は病変の写真に比べて各

種の特徴が少なく均質であろうとの考えから，新規に「均一性」という特徴を追加することで，口腔正常粘膜の判別能力向上を試みた．

● 「白斑形状」に関する特徴量の算出法(図 3)

まず、白斑部の抽出方法を Nishi らの方法²⁾から変更した．口腔内画像を RGB 表色系から HSV 表色系へ変換し，S 画像を用いた．その上で S 画像のヒストグラムに基づきノイズの除去を行い，ヒストグラムの S 値の最大値と最小値の中間値を閾値 T とし，画素値がこの閾値未満の画素を白斑領域と定めた．

この白斑領域に対して，白斑の形状を認識する方法として円形度を用いた．白板症の白斑は板状で，口腔扁平苔癬などの網状白斑に比べ白斑形状が円形に近いと考えられることから，図形がどれくらい円に近いかを評価した．白斑領域の画素数を A，白斑領域の境界部の画素数を L とすると円形度 F は $F = 4\pi \frac{A}{L^2}$ で表される．F が 1 に近くなるほど円形に近いと判定されるため，これを「白斑形状」の特徴量とした．

● 対照部位を用いない「発赤」に関する特徴量の算出法(図 4)

口腔扁平苔癬の特徴である発赤は白斑の周囲に伴うことが多い．このことから，上記の白斑領域以外の画素(ヒストグラム上で閾値 T 以上)の S 値の平均値を新たに設定した

発赤特徴量とした。なお，これまでの Nishi らの報告²⁾による「対照部位を用いる発赤特徴の抽出法」と区別するために，本法による発赤特徴の抽出法を「発赤」と表記する。

● 「均一性」に関する特徴量の算出法(図 5)

正常粘膜は白斑等がなく色彩的に均一であるため，S 画像のヒストグラム全体の幅が小さくなると考えられる。このことを利用して，S 画像のヒストグラムの最大値から最小値を引いた差を「均一性」の特徴量とした。

以上の鑑別システムの概要を図 6 に示す。

この「隆起」，「顆粒状」，「白斑形状」，「発赤」，「均一性」の 5 特徴を使用し，実験 1 で使用した全 200 枚の口腔内デジタル画像を SVM による解析法で交差試験を行い，評価した。

結果

口腔扁平上皮癌，白板症，口腔扁平苔癬，口腔正常粘膜の判別感度はそれぞれ，90%，82%，90%，94%で，判別特異度はそれぞれ，94%，96%，97%，98%であり、4 特徴で行った実験 1 の結果より向上していた(表 4-1，4-2)。

実験 3

材料と方法

実験 2 の結果を受けて， 5 特徴を用いた SVM による解析法の判別安定性を検証するため，これまでの 200 枚の画像とは異なる対象の口腔扁平上皮癌， 白板症， 口腔扁平苔癬および口腔正常粘膜の各 30 枚(合計 120 枚)をすべて判別用データとして入力し， 本システムで判定した．

結果

口腔扁平上皮癌， 白板症， 口腔扁平苔癬， 口腔正常粘膜の判別感度はそれぞれ， 90%， 90%， 87%， 93%で， 判別特異度はそれぞれ， 97%， 92%， 98%， 100%であった（表 5-1， 5-2）．口腔扁平上皮癌の 3 例が白板症と過小判定されたが， それ以外に過小判定されたものはなかった．

考察

口腔粘膜疾患の診断は視覚的特徴を捉えることが重要であるが， その判断基準は診察者の主観によるところが大きく， 各特徴の評価の相互作用などが影響を及ぼし， 判断結果に大きな揺らぎを与えている． しかし， その判断プロセスは診察者の経験を通して洗練され， 多くの症例を経験することで判断結果に一貫性が出てくる． そのように口腔粘膜疾患の診断には， 経験を交えた「確からしさ」の総合的な判断が内在する． そのため， その「確からしさ」を数値化し， 診断を支援するシステムを構築すれば， 経験不足に

よる揺らぎを減少できると考えられる。

コンピュータを使って診断支援するには、「白い」とか「赤い」といった言葉で表される度合いを数値化することが必要である。このような数値化しにくい度合いを数値化して分析し解析するのに適した方法がソフトコンピューティングである。医療分野でのソフトコンピューティングの応用としては、ファジィ推論の中では Nishi ら²⁾が用いたスコア分析の他に、関数型推論や自己組織化マップを用いる方法が報告されている。関数型推論を用いた前立腺がんの超音波画像診断への応用⁷⁾や頭頸部扁平上皮癌の頸部リンパ節転移の CT や超音波診断への応用^{8,9)}が挙げられ、良好な結果が報告されている。また、自己組織化マップを用いた方法では、外科的矯正治療後の軟組織側貌の予測に影響を与える因子の研究¹⁰⁾での応用が報告されている。一方、確率統計に基づく学習理論を用いた方法では SVM が適用されることが多く、医療分野では肺小結節の CT 診断に用いられ、有用性が示されている^{11~13)}。

しかし、これらの報告はすべて画像所見の読み取り、およびその入力は人間が行うため、検者に画像読影能力が求められ、自動化されたスクリーニング検査としての使用は難しいものであった。われわれの開発したシステムは、口腔内画像から判定を行う病変部位の切り出し作業以外は、各特徴量の抽出から判別までを自動で行うシステムとして

構成されており，検者の手がなるべく入らないようにしたことで，検者間誤差の少ない判別結果が期待できると考えられる．また，本システムに利用する口腔内画像は特殊な機器や撮影方法を用いるものではなく，普及している一般的なデジタル画像を利用できるため，実用性も高い．初期の口腔扁平上皮癌は言うに及ばず，前癌病変である白板症，悪性化する頻度は高くないものの，悪性転化も起こり得るため，長期に渡る経過観察が必要な口腔扁平苔癬など，今回対象とした3疾患はいずれも重要な疾患である．このような機器を利用して，一般臨床歯科医がこれらの疾患を早期に発見し，きちんと定期観察が行われるようになれば，口腔外科専門医療施設との病診連携が円滑に行えるようになるはずである．

実験 1 について

今回，われわれは先ず Nishi ら²⁾の方法を再検証するために，彼らの研究で用いたものとは異なる新たな 200 枚の画像を準備し，実験 1 として彼らが作った算出関数を用いたスコア分析による解析法を行った．しかし，彼らのデータ²⁾より感度が 10%以上低下する結果となり，再現性にやや疑問が残る結果となった．一方，その他のソフトコンピューティングを用いた解析法として SVM を用いる方法を試みたが，結果として SVM による解析法の方が口腔正常

粘膜の判別精度が高く，以降の研究では SVM を用いることとした．

SVM は確率統計に基づく学習理論を用いたソフトコンピューティングの手法である．開発当初は線形分類にしか適用できなかったが，Chapelle らがデータを高次元の特徴空間上へ写像するカーネル関数を用いたことで，無限次元への写像を可能とし，これにより非線形分類の問題にも優れた識別性能を発揮することがわかり，近年，特に注目を集めている¹⁴⁾．入力される特徴の種類が多くなっても対応できるため，メガデータからさまざまな「確からしさ」を判別する際にも適している⁶⁾．そのため今後，判別する疾患を増やした際にも対応が容易であり，さらに，学習用データを多く投入すれば，判別能力の向上も見込めるという点で優れた方法である．

実験 2 について

実験 1 における SVM による解析法でも，白板症と口腔扁平苔癬および口腔正常粘膜の判別感度は十分ではなかったため，実験 2 においては判別に用いる特徴の再検討を行った．白斑の形状を評価する「白斑形状」，および口腔正常粘膜を判別しやすくするための「均一性」を特徴に追加し，さらに赤色部位の抽出法を変更することで，各疾患および口腔正常粘膜の判別感度，判別特異度がともに上昇し，シ

システムの精度向上に成功した。

実験 3 について

本システムの判別安定性を確かめるために、新規の画像データをすべて判別用データとしてランダムに判別させた。最終的に白板症の判別感度が 82%ではあったが、その他はすべて判別感度、判別特異度ともに 90%台となっており、臨床的に用いることができる可能性が高まった。

しかし、最終のシステムにおいても、数は減少したものの誤判別を生じた例がみられた。診断支援システムであるので、白板症を口腔扁平上皮癌というように過大判定するものは許容できなくはないが、口腔扁平上皮癌を白板症と過小判定した 3 例には看過できない部分がある。これらについて確認すると、「顆粒状」が比較的抽出しにくい症例であったため、白板症と判定されていたようであった。「顆粒状」の潰瘍は口腔扁平上皮癌の初期にみられる重要な特徴であるため、この特徴をより確実に抽出できるような画像処理方法を検討すべきかもしれない。また、舌乳頭といった機能粘膜は「顆粒状」として抽出されてしまうため、現段階では舌背部を判定領域から外す必要がある。学習用データをさらに増やすことで、特徴量の解析精度を向上させ、臨床の現場での運用に耐えられる条件設定にすることや、疾患の存在する部位を入力することで、誤判別を防ぐ方法

を検討している。

また、これまでは初期の口腔扁平上皮癌、白板症および口腔扁平苔癬に対する診断支援システムを検討してきたため、その他の口腔粘膜疾患には対応できていない。あらゆる疾患に対応するようにソフトを開発することは多大な労力と時間を要し、現実的な方法ではない。そこで、口腔癌、白板症、口腔扁平苔癬に絞り込むために、対象となる病変の経過や視診以外の情報を盛り込んだディシジョンツリーを用意し、本システムを適用すべき状況を限定していくという方法を検討中である。

結語

今回われわれは、口腔扁平上皮癌、白板症、口腔扁平苔癬および正常粘膜の口腔内デジタル写真を用いて口腔粘膜疾患診断支援システムの開発を行った。疾患特徴の抽出には過去の報告で用いた「隆起」、「顆粒状」に加え、改良を加えた「白斑形状」、「均一性」、「発赤」の5特徴を用い、SVMにて解析を行った。口腔扁平上皮癌、白板症、口腔扁平苔癬、口腔正常粘膜の判別感度はそれぞれ、90%、90%、87%、93%で、判別特異度はそれぞれ、97%、92%、98%、100%であった。開発したソフトコンピューティングシステムは临床上重要な口腔粘膜疾患を対象とした診断支援システムとして活用できる可能性が高いと考えられた。

本論文に関して，開示すべき利益相反状態はない．

引用文献

1. Zadeh, L.A. : Some reflections on soft computing, granular computing and their roles in the conception, design and utilization of information/intelligent systems, *Soft Computing* 2 : 23-25, 1998.
2. Nishi, Y., Horio, K., Saito, K., et al : Discrimination of oral mucosal disease inspired by diagnostic process of specialist, *Journal of Medical and Bioengineering* 2 : 57-61, March, 2013.
3. Burket, L.W. : Oral medicine : diagnosis and treatment, sixth edition, J.B. Lippincott Company, Philadelphia, pp.96-111, pp.608-612, 1971
4. Scopp, I.W. : Oral medicine a clinical approach with basic science correlation, second edition, The C.V. Mosby Company, Saint Louis, pp.109-117, pp.342-360, 1973
5. Wood, N.K. and Goaz, P.W. : Differential diagnosis of oral lesions, third edition, The C.V. Mosby Company, pp.60-89, pp.123-128, pp.160-162, 1985
6. Burges, C.J.C. : A tutorial on support vector machines for pattern recognition, *Data Mining and Knowledge Discovery* 2, 121-167, 1998.
7. 有田清三郎, 藤岡知昭, 小澤博之, 他 : ファジィ理論による超音波癌診断支援装置の開発, *Proceedings of the*

- Fourth Annual Meeting of Biomedical Fuzzy Systems Association,79-85,1992.CiNii. Accessed July 3,2015.
8. 細田 超,片山佳之,有田清三郎,他 : CT 画像による頸部リンパ節転移診断へのファジィ推論の応用,Biomed Soft Comput Human Sci 1 : 49-56,1995.
 9. 田中 武昌,神田 重信 : ファジィ理論による超音波診断支援システム - Analytic Hierarchy Process(AHP)を用いた推論法の最適化 -,Biomed Soft Comput Human Sci 4,43-48,1998.
 10. 坂井 真美子,玉置 幸雄,石川 博之 : 骨格性下顎前突患者の側貌パターンの違いが術後の軟組織側貌の予測に与える影響,日顎変形誌 24 : 305-317,2014.
 11. Keshani,M.,Azimifar,Z.,Tajeripour,F.,et al : Lung nodule segmentation and recognition using SVM classifier and active contour modeling : A complete intelligent system, Comput Biol Med 43, 287-300, 2013.
 12. Badura,P. and Pietka,E. : Soft computing approach to 3D lung nodule segmentation in CT,Comput Biol Med 53,230-243,2014.
 13. Shen,S.,Bui,A.A.T.,Cong,J.,et al : An automated lung segmentation approach using bidirectional chain codes to improve nodule detection accuracy,Comput Biol Med 57,139-149,2015.

14. Chapelle, O., Vapnik, V., Bousquet, O., et al : Choosin
g multiple parameters for support vector machines,
Machine Learnig 46,131-159,2002.

図 1 診断支援システムの概要

口腔内デジタル画像から特徴を抽出し，数値化した後，各疾患の可能性を解析後，判別し出力する．

図 2 実験 1 の概要

Nishi ら²⁾の使用した 4 特徴を用い，スコア分析による解析法とサポートベクターマシン(SVM)による解析法との判別結果を比較した．

図 3 白斑形状特徴量の算出法

RGB 色空間から HSV 色空間へ変換し，S 画像から白斑領域を抽出．白斑部位が網状か板状かを識別するために円形度を用いた．

図 4 発赤特徴量の算出法

口腔扁平苔癬に認められる発赤は白斑領域の周囲に存在することから，白斑領域以外の S 値の平均を発赤特徴量とした(Nishi ら²⁾が使用した「発赤」と区別するため，「発赤」と表記)．

図 5 均一性特徴量の算出法

口腔正常粘膜では，他の疾患画像と比較して色情報の変化に乏しい．このことを利用して，S 画像のヒストグラムの

幅を均一性特徴量とした。

図 6 5 特徴を用い、サポートベクターマシン(SVM)を使用した診断支援システム

白斑形状特徴量，発赤特徴量，均一性特徴量，隆起特徴量，顆粒状特徴量を算出し，SVMにより解析し判別する。

表 1 初期口腔扁平上皮癌，白板症，口腔扁平苔癬および口腔正常粘膜の視覚的特徴と考えられる要素

表 2-1 Nishi ら²⁾の方法で特徴を抽出し，スコア分析による解析法を使用した判別結果

表 2-2 Nishi ら²⁾の方法で特徴を抽出し，スコア分析による解析法を使用した場合の二項分類結果

表 3-1 Nishi ら²⁾の方法で特徴を抽出し，サポートベクターマシン(SVM)による解析法を使用した判別結果

表 3-2 Nishi ら²⁾の方法で特徴を抽出し，SVMによる解析法を使用した場合の二項分類結果

表 4-1 新規 3 特徴に隆起特徴と顆粒状特徴を加えた 5 特徴から特徴量を算出しサポートベクターマシン(SVM)によ

る解析法を使用した判別結果

表 4-2 新規 3 特徴に隆起特徴と顆粒状特徴を加えた 5 特徴から特徴量を算出し SVM による解析法を使用した場合の二項分類結果

表 5-1 新規 120 枚の口腔内デジタル画像を入力した場合の判別結果

表 5-2 新規 120 枚の口腔内デジタル画像を判別した場合の二項分類結果

図 1

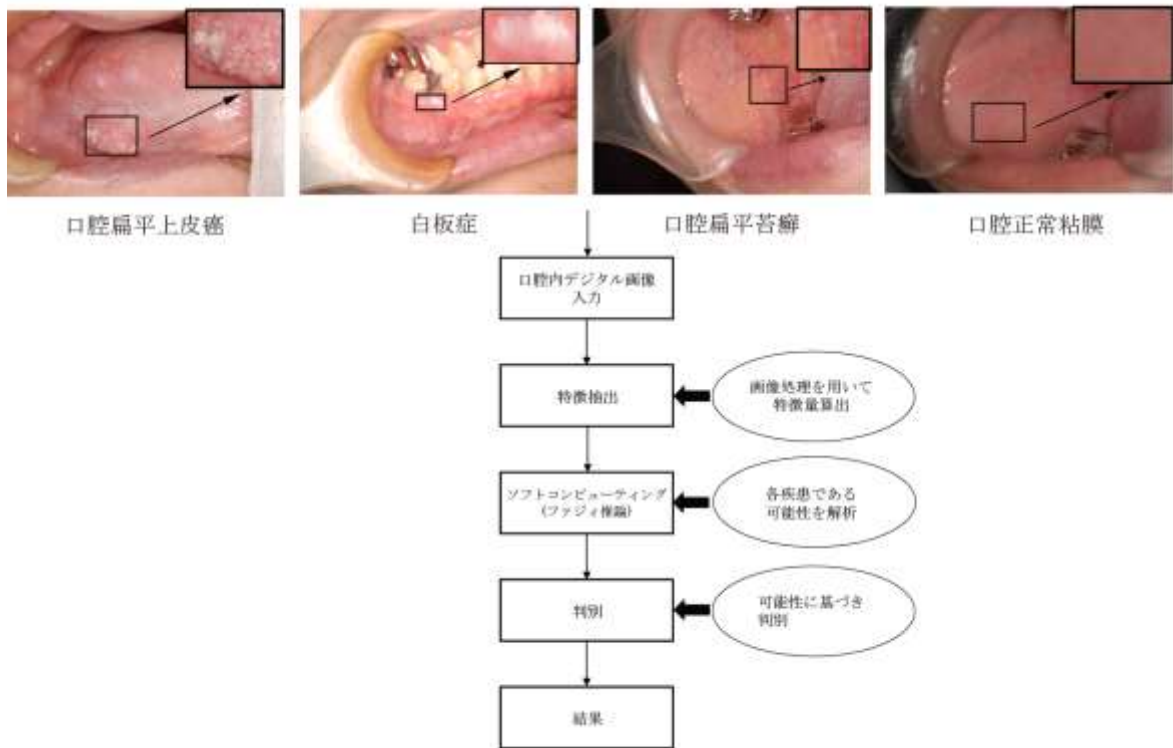


図 2

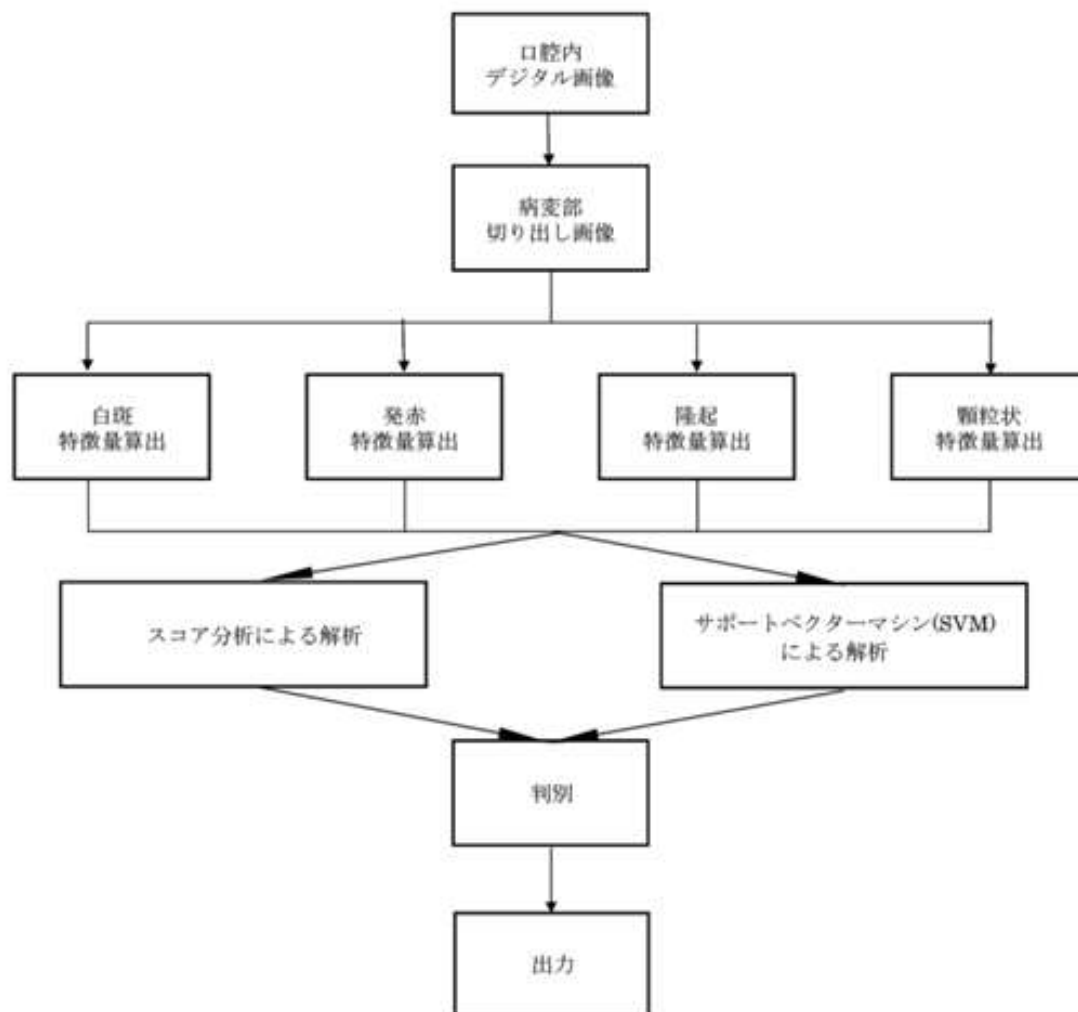


図 3

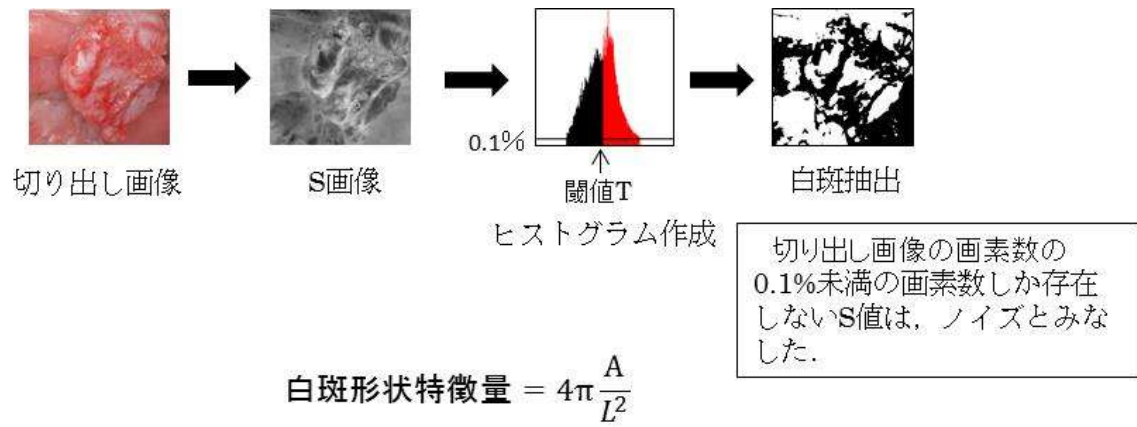
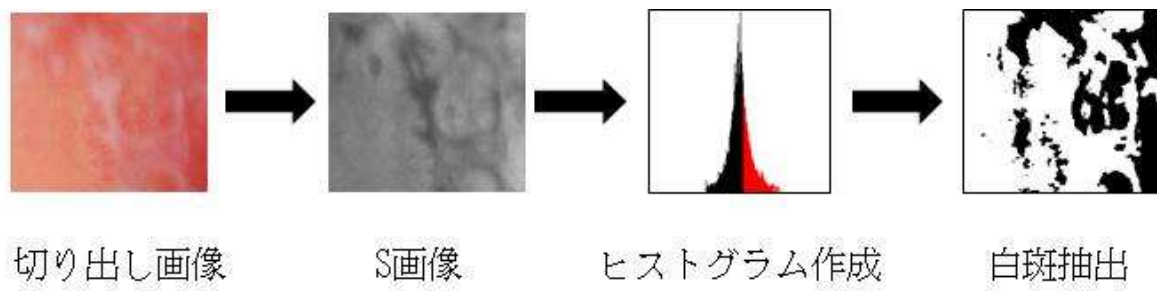
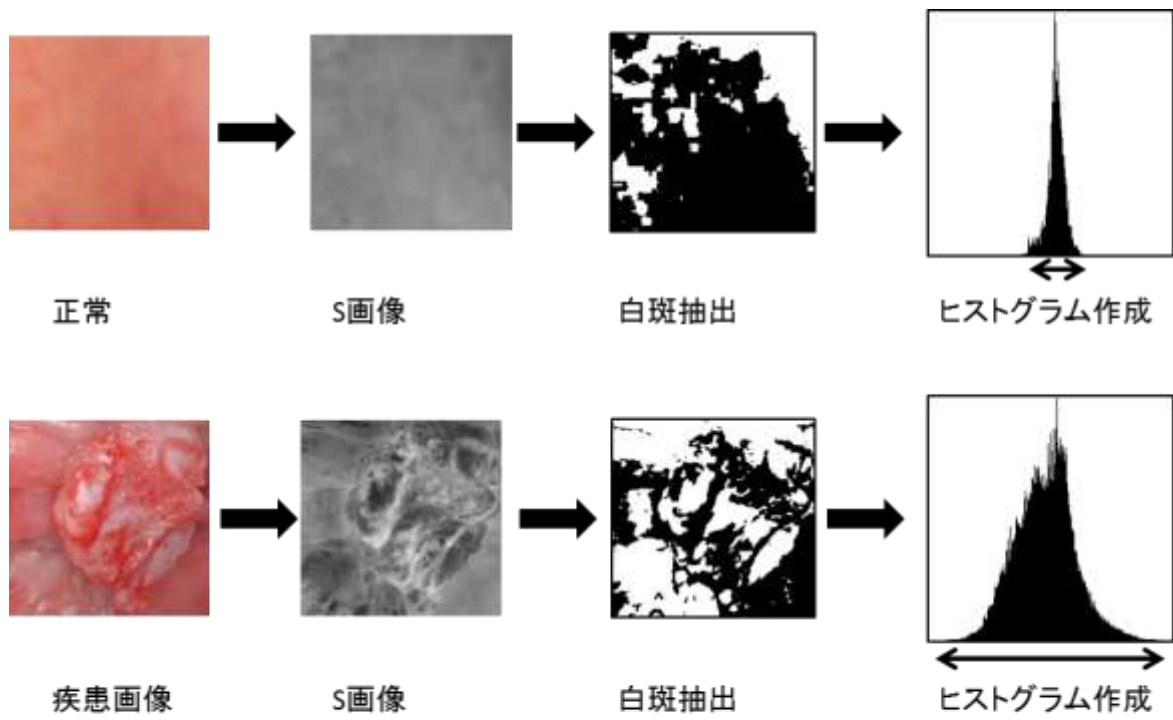


図 4



$$\text{発赤特徴量} = \frac{\text{白斑領域以外画素のS値の和}}{\text{白斑領域以外の画素数}}$$

図 5



$$\text{均一性特徴量} = S_{max} - S_{min}$$

図 6

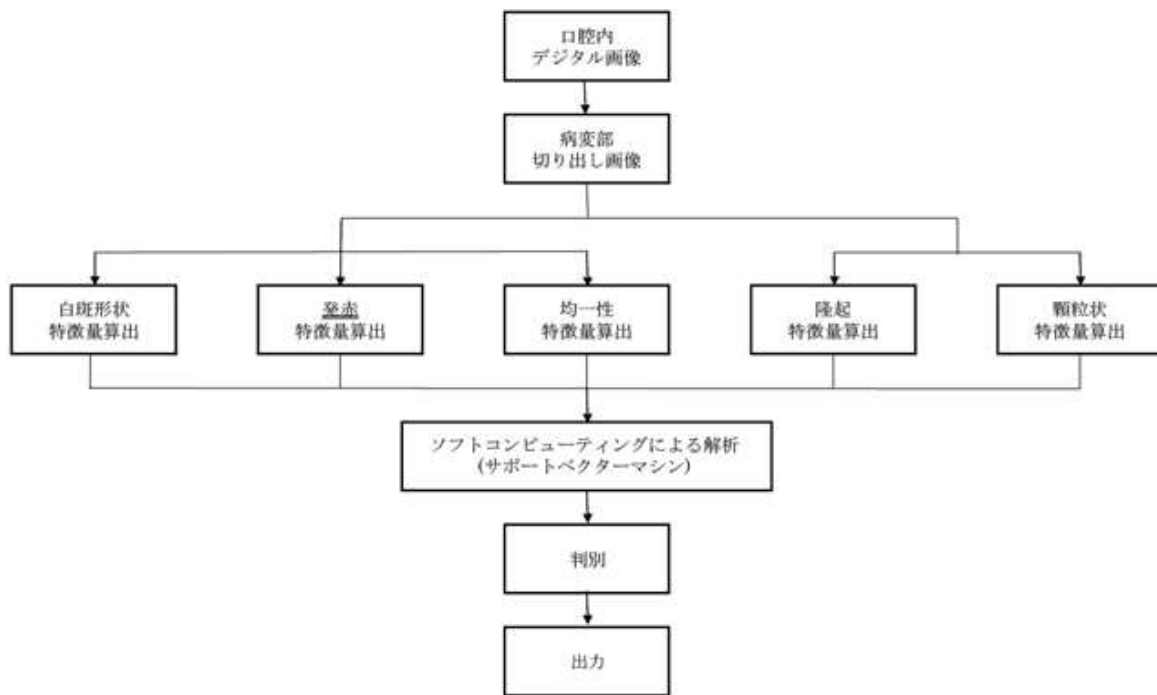


表 1 初期口腔扁平上皮癌，白板症，口腔扁平苔癬および
口腔正常粘膜の視覚的特徴と考えられる要素

	白斑	発赤	隆起	顆粒状
口腔扁平上皮癌	+	±	++	+
白板症	++	—	+	—
口腔扁平苔癬	+	+	±	—
口腔正常粘膜	—	±	—	—

表 2-1 Nishi ら²⁾の方法で特徴を抽出し，スコア分析による解析法を使用した判別結果

		出力			
		口腔扁平上皮癌	白板症	口腔扁平苔癬	口腔正常粘膜
入力	口腔扁平上皮癌	39	8	3	0
	白板症	9	38	1	2
	口腔扁平苔癬	0	5	39	6
	口腔正常粘膜	0	4	30	16

表 2-2 Nishi ら²⁾の方法で特徴を抽出し，スコア分析による解析法を使用した場合の二項分類結果

	4 特徴スコア分析			
	感度	特異度	陽性的中率	陰性的中率
口腔扁平上皮癌とそれ以外	78%	94%	81%	93%
白板症とそれ以外	76%	87%	69%	92%
口腔扁平苔癬とそれ以外	78%	77%	53%	91%
口腔正常粘膜と疾患あり	32%	95%	67%	81%

表 3-1 Nishi ら²⁾の方法で特徴を抽出し，サポートベクターマシン(SVM)による解析法を使用した判別結果

		出力			
		口腔扁平上皮癌	白板症	口腔扁平苔癬	口腔正常粘膜
入力	口腔扁平上皮癌	40	8	2	0
	白板症	9	37	1	3
	口腔扁平苔癬	0	3	35	12
	口腔正常粘膜	1	2	14	33

表 3-2 Nishi ら²⁾の方法で特徴を抽出し，SVMによる解析法を使用した場合の二項分類結果

	4特徴SVM			
	感度	特異度	陽性的中率	陰性的中率
口腔扁平上皮癌とそれ以外	80%	93%	80%	93%
白板症とそれ以外	74%	91%	74%	91%
口腔扁平苔癬とそれ以外	70%	89%	67%	90%
口腔正常粘膜と疾患あり	66%	90%	69%	89%

表 4-1 新規 3 特徴に隆起特徴と顆粒状特徴を加えた 5 特徴から特徴量を算出しサポートベクターマシン (SVM) による解析法を使用した判別結果

		出力			
		口腔扁平上皮癌	白板症	口腔扁平苔癬	口腔正常粘膜
入力	口腔扁平上皮癌	45	4	1	0
	白板症	8	41	1	0
	口腔扁平苔癬	1	1	45	3
	口腔正常粘膜	0	1	2	47

表 4-2 新規 3 特徴に隆起特徴と顆粒状特徴を加えた 5 特徴から特徴量を算出し SVM による解析法を使用した場合の二項分類結果

	5特徴SVM			
	感度	特異度	陽性的中率	陰性的中率
口腔扁平上皮癌とそれ以外	90%	94%	83%	97%
白板症とそれ以外	82%	96%	87%	94%
口腔扁平苔癬とそれ以外	90%	97%	92%	97%
口腔正常粘膜と疾患あり	94%	98%	94%	98%

表 5-1 新規 120 枚の口腔内デジタル画像を入力した場合
の判別結果

		出力			
		口腔扁平上皮癌	白板症	口腔扁平苔癬	口腔正常粘膜
入力	口腔扁平上皮癌	27	3	0	0
	白板症	3	27	0	0
	口腔扁平苔癬	0	4	26	0
	口腔正常粘膜	0	0	2	28

表 5-2 新規 120 枚の口腔内デジタル画像を判別した場合
の二項分類結果

	5特徴SVM再検定			
	感度	特異度	陽性的中率	陰性的中率
口腔扁平上皮癌とそれ以外	90%	97%	90%	97%
白板症とそれ以外	90%	92%	79%	97%
口腔扁平苔癬とそれ以外	87%	98%	93%	96%
口腔正常粘膜と疾患あり	93%	100%	100%	98%